

出國報告（出國類別：實習）

# 興達電廠第一、二號機空污改善計畫鍋爐及 煙氣脫硝設備之規劃設計、組裝、運轉及維 護訓練

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：蔡宗憲/電氣工程師

鄭玉麟/電氣工程師

柯建仲/機械工程師

派赴國家：韓 國

出國期間：99 年 10 月 19 日至 99 年 11 月 17 日

報告日期：100 年 1 月 8 日

# 出國報告審核表

出國報告名稱：興達電廠第一、二號機空污改善計畫鍋爐及煙氣脫硝設備之規劃設計、組裝、運轉及維護訓練		
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表) 蔡宗憲	職稱 電氣工程師	服務單位 核能火力發電工程處
出國期間：99年 10月 19日至 99年 11月 17日		報告繳交日期：100年 1月 4日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 (本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> (1) 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容以 <input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> (4) 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> (5) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input checked="" type="checkbox"/> 8. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input checked="" type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會 (說明會)，與同人進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9. 其他處理意見及方式：	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分 _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 2. 退回補正，原因： _____ <input type="checkbox"/> 3. 其他處理意見：	

**說明：**

- 一、 出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、 各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、 審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人：  單位  主管處  主管處  總經理  
 主管  主管  主管  副總經理  
 副總經理

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：興達電廠第一、二號機空污改善計畫鍋爐及煙氣脫硝設備之規劃設計、組裝、運轉及維護訓練

頁數\_\_\_\_ 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力股份有限公司/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

蔡宗憲/台灣電力公司/核火工處/電氣工程師/02-23229558

鄭玉麟/台灣電力公司/核火工處興達施工處/電氣工程師/07-6912510

柯建仲/台灣電力公司/核火工處/機械工程師/02-23229532

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：99 年 10 月 19 日至 99 年 11 月 17 日 出國地區：韓國

報告日期：100 年 1 月 8 日

分類號/目：G3/電力工程

關鍵詞：鍋爐、選擇性觸媒還原、引風機、粉煤機、緩衝起動器、變頻器

內容摘要：(二百至三百字)

台電公司配合國家政策，善盡國營事業的社會責任及做為國內產業的表率，計畫於興達發電廠一、二號機進行空污改善工程，徹底降低機組之空污排放，以因應未來日益嚴苛之環保標準。本計畫由韓國斗山重工公司所承包之部份，因鍋爐改善及增設煙氣脫硝系統之設備繁多，系統整合複雜，相對所須更新、修改或增設之系統設備，在設計及施工上亦須做嚴謹之考量。藉由本次訓練以瞭解廠家對空污改善設備之機械、電氣設計配置及材料之評估選用、機件構造、安裝程序、測試調整及故障排除方法、及廠家最新技術及設計理念，俾使日後引進新型設備之相關規劃、設計及工程品質有所助益。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

# 目錄

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
參、實習內容摘要.....	2
一、機械設備.....	2
(一) 選擇性觸媒反應器(Catalyst Reactor)之設計原理探討.....	2
(二) 引風機(ID Fan: Induced Draft Fan)介紹.....	10
二、鍋爐及煙氣脫硝系統主要設備之供電系統.....	14
三、緩衝起動器之設計原理探討.....	16
肆、參訪韓國斗山(Doosan )重工及Samcheonpo 燃煤電廠.....	27
一、斗山重工公司及其工廠參訪.....	27
二、參訪Samcheonpo 燃煤電廠.....	28
伍、心得與建議.....	30

## 壹、目的

由於環保意識的抬頭，行政院環保署正積極推動空氣物污染總量管制計畫，並針對全台空氣品質最差的高屏地區先行推動。環保機關將限定各污染源的排放總量，高雄縣環保局並依據空氣污染防治法訂定「高雄縣電力業設施空氣污染物排放標準」。因興達電廠空氣污染物排放總量居高雄縣之冠，且排放值有時會超出排放標準，預估會對電廠的營運產生重大的衝擊。目前電廠僅剩一、二號機尚未有完整的空氣污染防治設備，本公司為因應日趨嚴格的總量管制策略及排放標準實施，並善盡企業之社會責任，乃進行興達一、二號機空污改善工程計畫。

興達一、二號機空污改善工程計畫分成環保設備與鍋爐改善兩大部份，其中本案合約廠家－韓國斗山(Doosan Heavy Industries and Construction Co., Ltd.)公司所負責的工作項目有：

- 修改部份：鍋爐再熱器(包括增設再熱器吹灰器)、鍋爐 ECO 出口至 ESP 間煙道、鍋爐一、二次風風道等。
- 更新部份：粉煤機及其附屬設備、空氣預熱器及其附屬設備、引風機及其附屬設備、一次風扇馬達。
- 拆除部份：鍋爐煙氣再循環設備及其出灰設備。
- 增設部份：煙道省煤器(Duct Economizer)及 SCR。

鍋爐改善及增設煙氣脫硝系統之設備繁多，系統整合複雜，相對所須更新、修改或增設之系統設備，在設計及施工上亦須做嚴謹之考量。為熟悉系統之設計、安裝、操作、維護及對最新技術之瞭解，本次奉派前往斗山重工公司接受訓練，瞭解廠家對空污改善設備之設計配置及材料之評估選用，熟稔空污改善設備之機件構造、安裝程序、測試調整及故障排除方法、及廠家最新技術及設計理念，俾使日後引進新型設備之相關規劃、設計及工程品質有所助益。

## 貳、過程

本次出國實習自 99 年 10 月 19 日至 99 年 11 月 17 日，共計 30 天。在韓國斗山重工公司實習興達一、二號機空污改善工程計畫鍋爐及煙氣脫硝設備機械及電氣設備之規劃設計、組裝、運轉及維護等訓練，並就地請教原廠設計工程師有關設計演進、裝機程序、品質要求及檢驗等技術。

## 參、實習內容摘要

### 一、機械設備

#### (一) 選擇性觸媒反應器(Catalyst Reactor)之設計原理探討

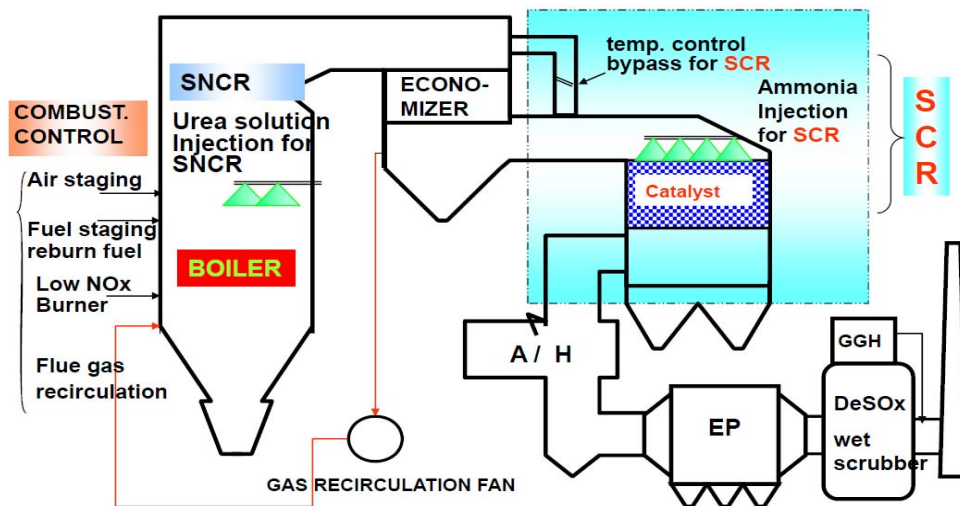


圖 3-1 機組增設 SCR 示意圖

本計劃於研究階段，經現場實地勘查及收集相關資料，發現興達一、二號機既有設備配置相當擁擠，原機組早期建廠時，並未預留裝設 SCR 之空間，可增設 SCR 的空間有限，經初步評估，本計劃將於配合更新之 Tri-sector 空氣預熱器上方，設置 SCR 反應器。該高層位置距地面約 36 公尺，部分利用原有鍋爐房之鋼構架作補強支撐，部分增設新的鋼構架及基礎(圖 3-2)。該配置方式安裝於省煤器口後段至空氣預熱器之間，其優點為系統壓力損失小，系統溫



度損失小及煙道短使飛灰沉降形成大顆粒灰球機會變小。

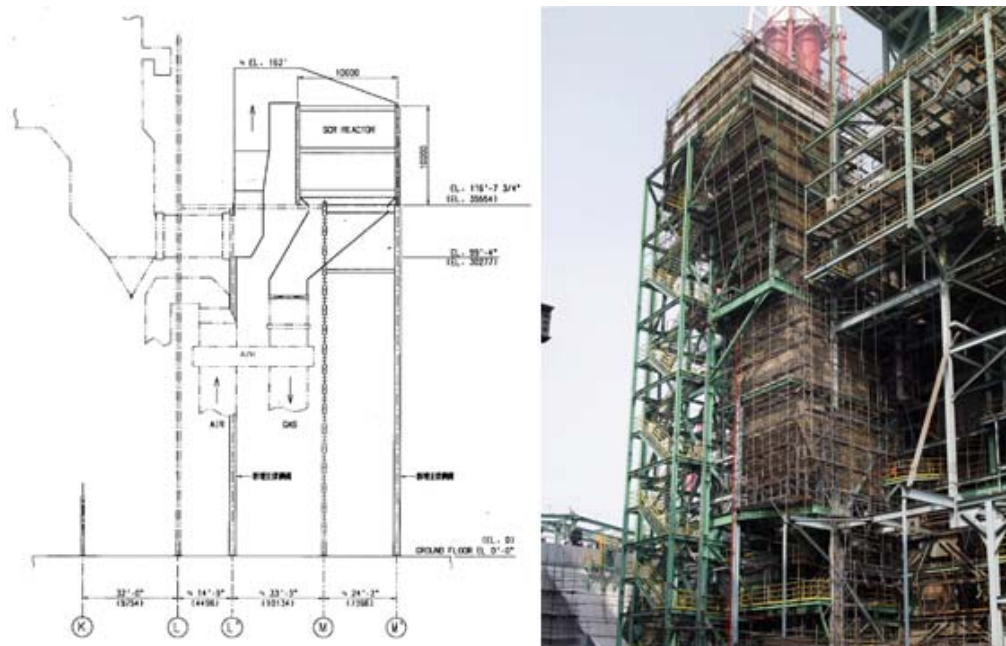


圖 3-2 SCR 工程支撐鋼構示意圖



圖 3-3 二號機北側 PA fan 吸入口風箱與 SCR 鋼構斜撐干涉

因空間相當擁擠，本身增設工程困難度極高，加以廠商設計能力不佳，且機械、土木等設計人員整合能力不足，兩造分別出圖未予以合併套量評估，於二號機工程實際執行階段，此一區域產生嚴重之鋼構、設備間干涉及衝突(圖 3-3、圖 3-4)，大大影響施工進度並須再額外

投入極大資源予以改善解決此一問題。

煙氣量考慮以 Berau 煤煙氣量再加上 5%安全裕度，經計算得 1,685,348(Nm<sup>3</sup>/hr/Boiler,wet) 煙氣量溫度為 394℃，NO<sub>x</sub> 依據一號機鍋爐性能測試階段紀錄 170~190ppm，選用以 190ppm 再加以 10%安全裕度，訂為 210ppm(at 6% O<sub>2</sub> dry base)，NO<sub>x</sub> 去除效率訂為 80%，NO<sub>x</sub> 排放濃度即為：

$$210 \text{ ppm} * (1-80\%) = 42 \text{ ppm}$$

NH<sub>3</sub> Slip 量限定需 3ppm 以下，以考量經濟效益避免影響下游空氣預熱器。

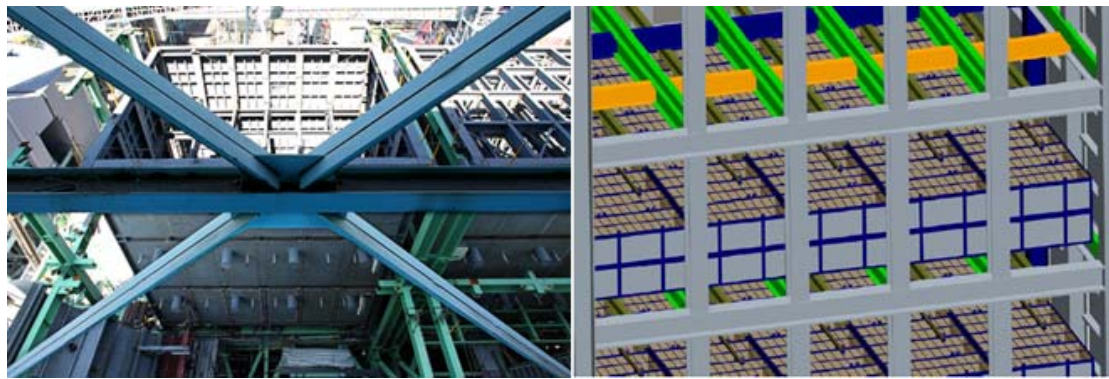


圖 3-4 興二機 SCR 安裝示意圖。

由於爐內低氮燃燒技術的侷限性，對於燃煤鍋爐，採用改進燃燒技術可以達到一定的除 NO<sub>x</sub> 效果，但脫除率一般不超過 60%，使得 NO<sub>x</sub> 的排放不能達到令人滿意的程度。NO<sub>x</sub> 與 SO<sub>x</sub> 相比，缺乏化學活性，難以被水吸收；NO<sub>x</sub> 經還原後成為無毒的 N<sub>2</sub> 及 H<sub>2</sub>O，脫硝後副產品便於處理；NH<sub>3</sub> 對煙氣中的 NO 可選擇性吸收，是良好的還原劑。

有關觸媒形式(圖 3-5)，市面上最常見的有 plate type 及 honeycomb type。



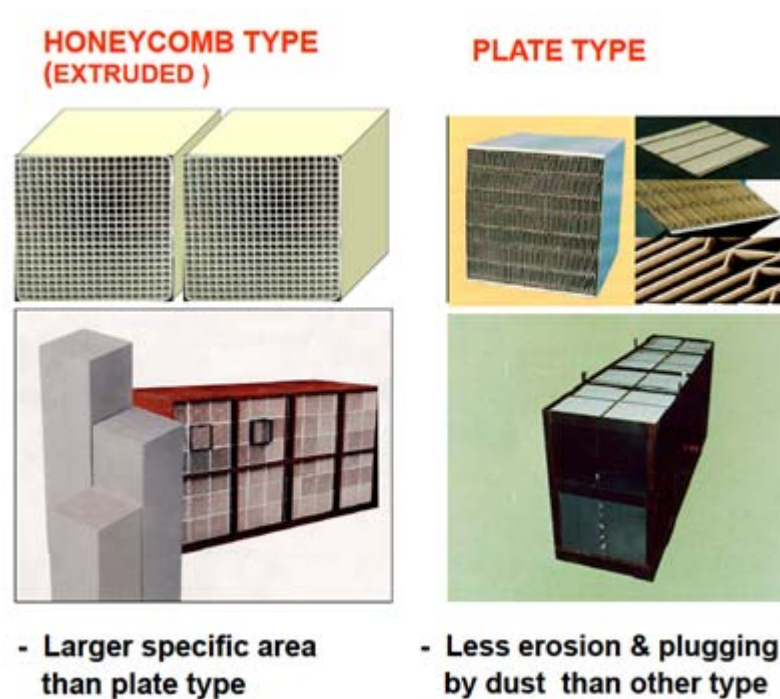


圖 3-5 SCR 觸媒各型式

其中 plate type 優點為：

- (1) 對於 Dust 的 erosion 具有高抵抗力。
- (2) 不易發生 plugging 現象，pressure drop 低，觸媒壽命稍長。
- (3) 觸媒單價較低。

缺點為所需煤量(體積)較大，Honeycomb Type 則相反。

SCR 裝置的運轉成本很大程度取決於催化劑的壽命，其使用壽命又取決於催化劑活性的衰減速度。典型的 SCR 催化劑化學失活主要是鹼金屬(如 Na,K,Ca 等)和重金屬(如 As,Pt,Pb 等)引起的失活；鹼金屬吸附在催化劑的毛細孔表面，金屬氧化物(如 MgO,KaO 等)中和催化劑表面的  $\text{SO}_3$  生成硫化物而造成催化劑堵塞使活性降低。

因高溫燒結、磨損和固體顆粒沉積堵塞而引起催化劑活性破壞。如果廢氣中含有使催化劑中毒的固體顆粒物，則廢氣需進行預先處理，譬如採用音波除塵器(Sonic horn)、加入脫砷劑，去除催化劑內殘留毒物級固體顆粒物，以延長催化劑活性及 SCR 使用壽命。

催化劑活性 K 與時間 t 的關係：

$$K=K_0e^{-(t/\gamma)}$$

式中， $K_0$ 是催化劑的初始活性， $\gamma$ 是催化劑運行壽命的時間常數。

SCR 技術原理(圖 3-6)，在催化劑作用下，向溫度約 280°C~420°C 的煙氣中噴入氨，將  $\text{NO}_x$  還原成  $\text{N}_2$  及  $\text{H}_2\text{O}$ 。其主要反應如下：

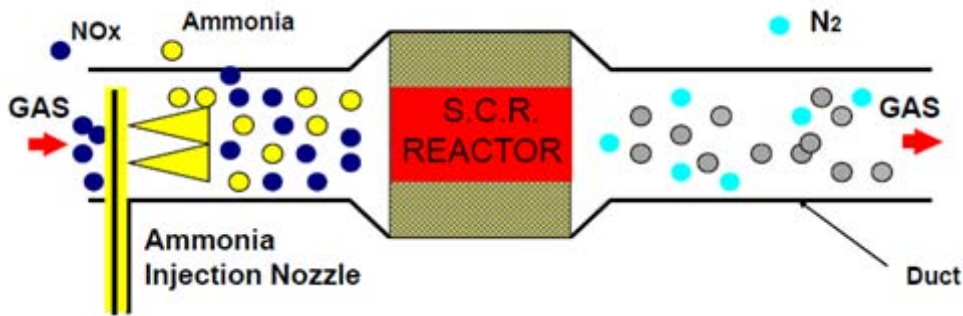
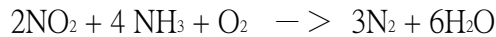
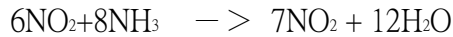
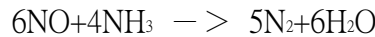
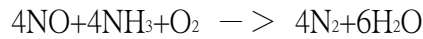


圖 3-6 SCR 化學反應圖示

$\text{NH}_3$  與煙氣均勻混合一起通過一個填充了催化劑(如  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-TiO}_2$ )的反應器， $\text{NO}_x$  與  $\text{NH}_3$  在其中發生還原反應，生成  $\text{N}_2$  及  $\text{H}_2\text{O}$ 。反應器中的催化劑分上下多層(一般為 3-4 層)有序放置，該方法存在一問題，即殘留的氨與  $\text{SO}_2$  反應生成  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，該物質容易對空氣預熱器進行沾污，對空氣預熱器影響很大，故通過 SCR 的煙氣流與觸媒接觸率及溢氨量控制是 SCR 設計者需注重的地方之一。

SCR(圖 3-7、圖 3-8)內部計有(觸媒(Catalyst)、反應器(Reactor)、聲波吹灰器(Sonic horn)、注氨閘(Ammonia Injection Grid)、煙氣均流器(Static mixer)、電動吊車(ele hoist)、氨稀釋風扇(dilution air fan)(表 3-1)等設備。

	規格	數量	製造商
觸媒(Catalyst)	plate type	240 組/一部機	BHK
反應器(Reactor)	垂直式	2 組/一部機	Doosan
聲波吹灰器(Sonic horn)		24 組/一部機	G.E energy
注氨閘(Ammonia Injection Grid)(圖十)			Doosan
煙氣均流器(Static mixer)(圖十)		2 組/一部機	Doosan
電動吊車(ele hoist)	3 噸鏈式	2 組/一部機	Namsung
氨稀釋風扇(dilution air fan)	128 m <sup>3</sup> /min	2 組/一部機	Taeil

表 3-1 SCR 設備列表

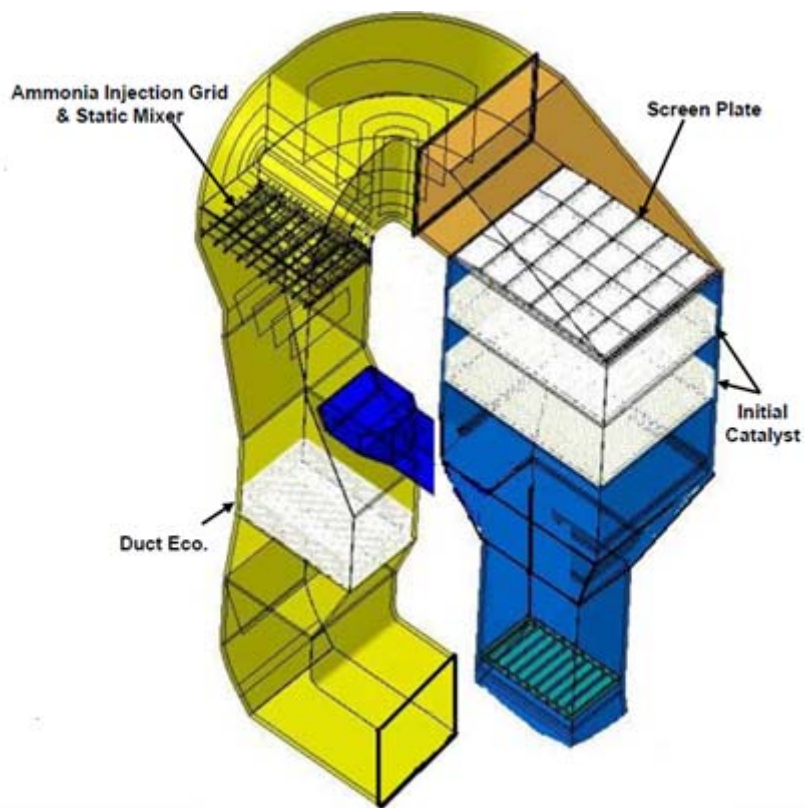


圖 3-7 SCR 3D 立體示意圖

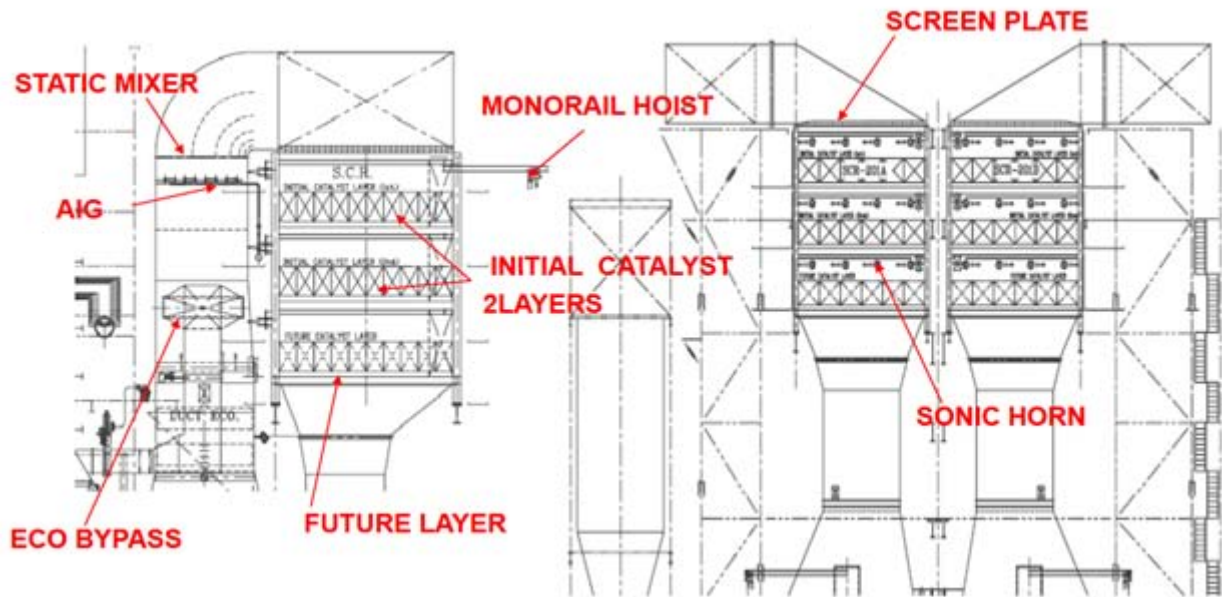


圖 3-8 SCR 剖面示意圖

根據目前現行 SCR 反應器(圖 3-9)內的煙氣成份和催化劑性質，目前普遍預防灰粉堆積在催化劑表面的有聲波和蒸汽兩種吹灰技術。其中聲波吹灰器是預防性的吹灰方式，阻止灰粉在催化劑表面形成堆積，而蒸汽吹灰是待灰形成一定的厚度後，再進行吹掃清除，聲波吹灰器能夠保持催化劑的連續清灰，較佳之恢復催化劑反應活性，且聲波吹灰器對催化劑沒有磨損，可延長催化劑使用壽命，是非接觸式的清灰方式，可降低 SCR 的維護成本，高速的蒸氣流挾帶著灰粉塵，對催化劑的表面磨損非常厲害，會導致催化劑的使用壽命縮短，維護成本會變高，另外，聲波吹灰器依靠聲波，使灰塵能脫落被煙氣帶走，故聲波能在結構的表面來回反射及衍射而不存在死角，故清灰效果將較蒸汽式區域面積廣泛。



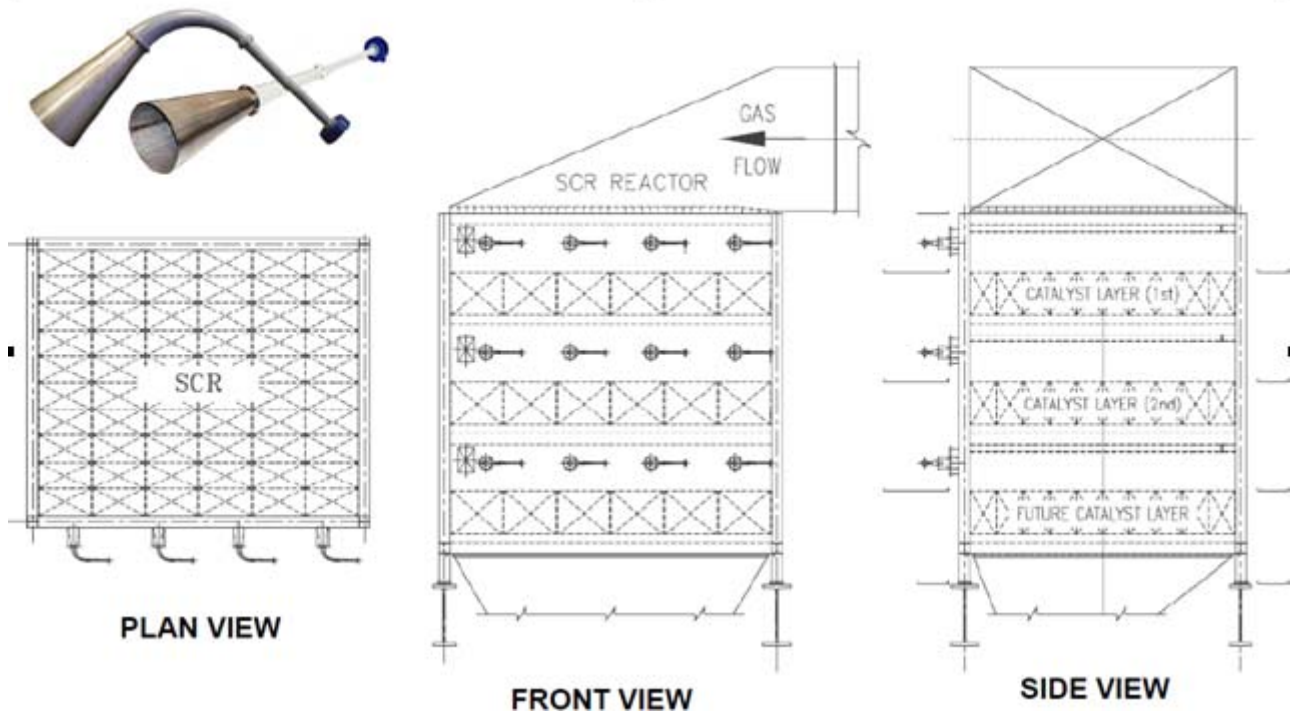


圖 3-9 音波除塵器(Sonic horn)示意圖

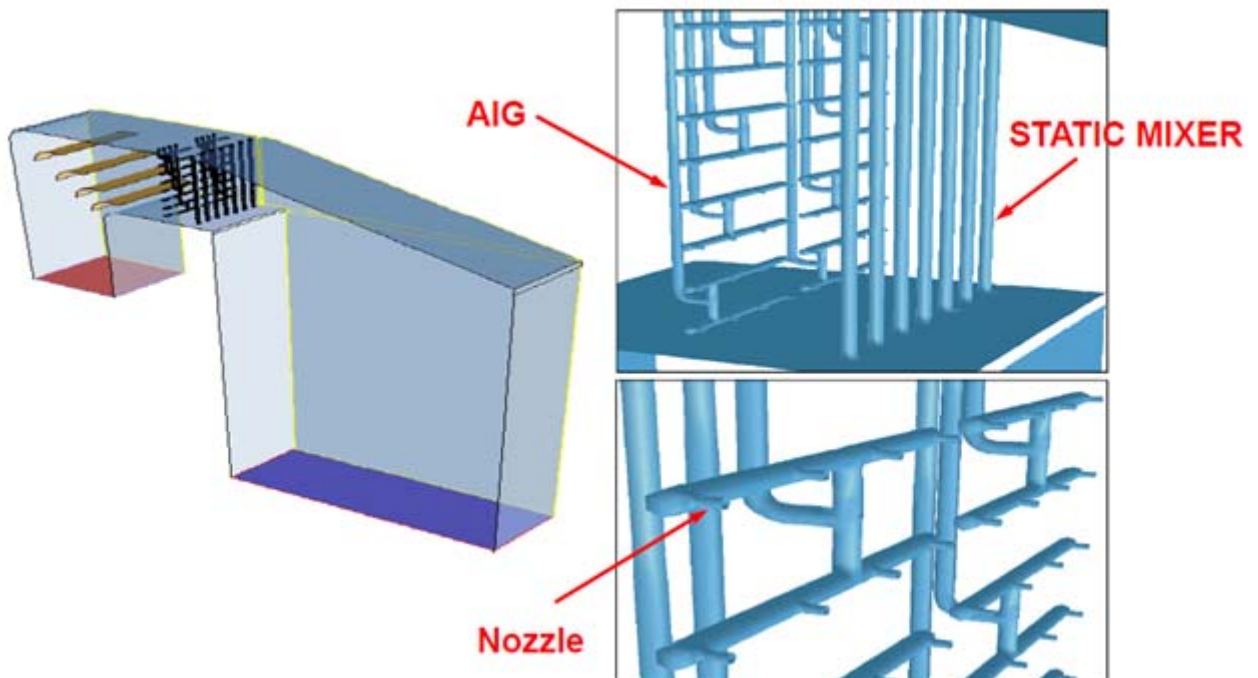


圖 3-10 注氨閘(AIG)及煙氣均流器(Static mixer)示意圖



SCR 之運維及更換亦為重點之一。一般 SCR 之更換步驟如下：

- (一) 以堆高機將觸媒從觸媒儲藏的倉庫中搬運至現場的地面。
- (二) 再以起重機(Crane)將觸媒從地面上吊至脫銷反應器的安裝平台上。
- (三) 再利用脫硝反應器主軌上的電動吊車(Monorail Hoist)將觸媒從平台上經反應器入口吊運至反應器內副軌的位置。
- (四) 在反應器內再改用副軌的人力吊車將觸媒推運至反應器內所要安裝的位置，再將觸媒放置於安裝位置的底部支座上。
- (五) SCR 裝置因轉動部份較少，故運轉中機械問題之發生也較少。但由於觸媒係處理煙器中所含  $\text{NO}_x$  之成份，故將隨著時間增加觸媒活性有降低之傾向(圖 3-11)。

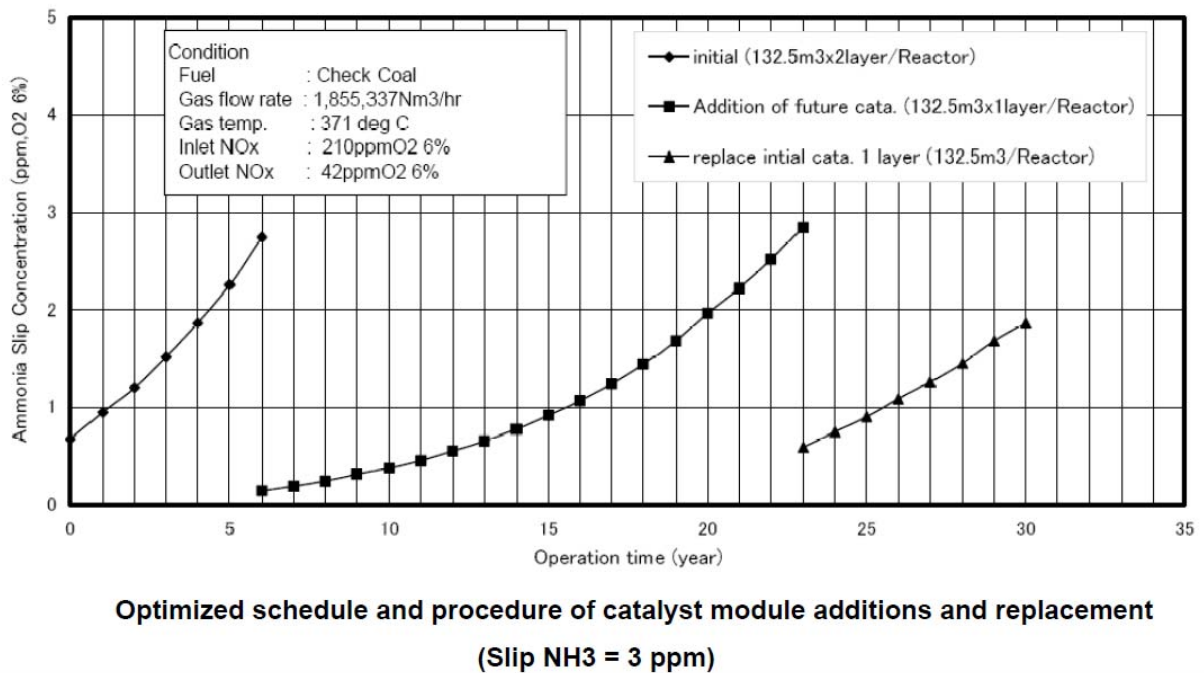


圖 3-11 觸媒使用壽命示意圖

## (二) 引風機(ID Fan: Induced Draft Fan)介紹

引風機採用 Howden 公司製 ANN 型動葉可調軸流式風機。說明如下：

- (一) 風機之所以稱為“軸流式”，是因為通過風機的空氣不會改變方向，而是平行於風機軸

心而流動。軸流式風機通常用於流量要求較高而壓力要求較低的場合。葉片的工作方式與飛機的機翼類似。但後者是將升力向上作用於機翼上並支撐飛機的重量，而軸流式風機則在固定位置上使空氣移動。

- (二) 軸流式風機的葉片可固定位置，亦可繞著縱軸旋轉。葉片與氣流的角度或葉片間距為可調或不可調。改變葉片角度或間距是軸流式風機的主要特點。減少葉片間距產生較低的流量，而增加間距則可產生較高的流量。先進的軸流式風機能夠在風機運轉時改變葉片間距（與直升機旋翼類似），進而改變流量，此稱為動葉可調(VP：Variable Pitch)軸流式風機。其中心具有承載葉片的輪轂(hub)，每個葉片均連接到藉由槓桿旋轉的主軸上。伺服控制的液壓缸在風機葉輪旋轉時同時移動所有槓桿以改變風機的輸出。
- (三) 葉片/輪轂安裝在機殼內稱為轉子的旋轉軸上。機殼具有開放的入口，一般具有直角彎曲的形狀，使馬達可以置於風道外部。風機啟動後，排泄殼緩慢膨脹，以放慢空氣或氣流的速度，並將動能轉換為有用的靜態壓力。
- (四) 風機結構說明：參考圖 3-12

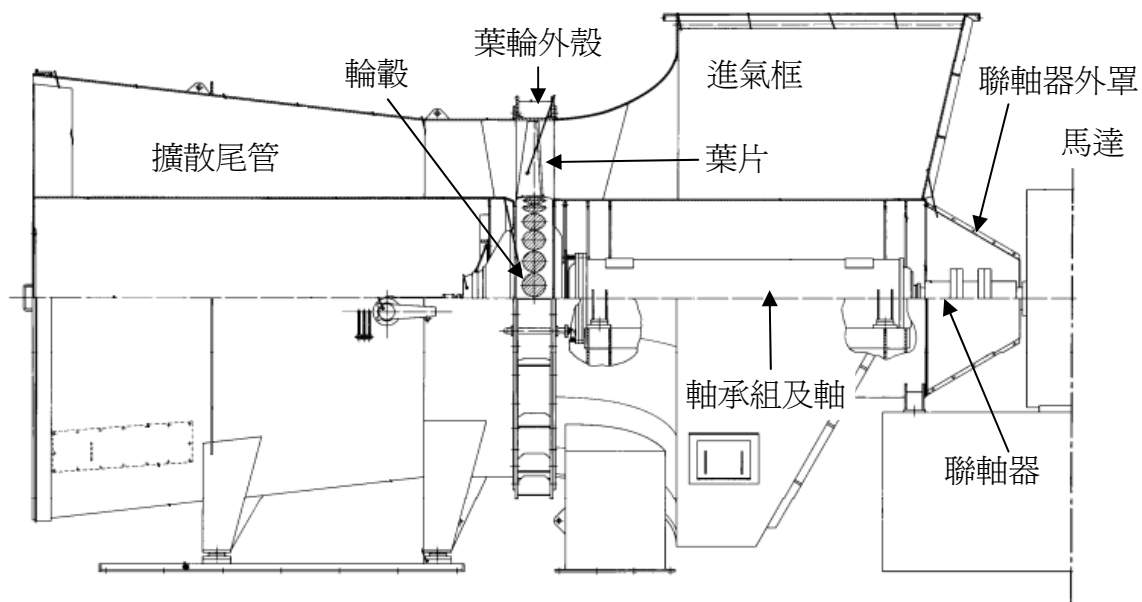


圖 3-12 引風機結構圖

風機由馬達驅動，從驅動端看入，葉輪依順時針方向旋轉，風機轉子安裝在進氣框上的

軸承，並密封在葉輪的外殼，風機定部堅固穩定的設計，允許葉輪尖端和葉輪外殼間有一小間隙，以確保高效率。葉輪材料和部件經過謹慎選擇，以確保運轉可靠性及風機壽命。風機的自然頻率經過調整，使風機不平衡造成的振動不涉入風機的共振。

#### (五) 系統說明

引風機安裝於鍋爐後的煙氣系統，故風機是工作於溫熱及具有腐蝕性的煙氣環境中。風扇轉速是固定的。轉子上的液壓調整可變葉片間距系統，使風機運轉中可調整葉片間距。因此風機性能可以持續地依照鍋爐實際的負載作調整，引風機主要技術規格如下：

用途：引風機	葉輪直徑：2970mm	型式：ANN 2970
輪轂直徑：1800mm	轉速：897 rpm	葉尖速度：139.5 m/s
級數：單級	輪轂速度：84.5 m/s	葉片數：20
葉輪/輪轂比：1.65	設計型式：ANN	

#### (六) 風機之調節及控制

風機性能通常由電廠控制系統根據實際鍋爐負載作調節。控制系統輸出信號直接連接到安裝於風機外的電動調節器，該調節器將設定點信號轉換為擴散器上的外部調節臂之實際機械動作。外部調節臂動作擴散器內的調節驅動機構並連接到葉輪上的液壓單元，進而改變葉片角度。

#### (七) 故障排除

參照下表進行故障排除，包含最常見故障、可能原因及應進行的維修作業。

故障情形	可能原因	應進行的維修工作
馬達無法啓動	無電源	檢查電源電壓
	斷線	檢查電纜及接線
振動過大	葉片或輪轂淤積異物	清潔異物
	聯軸器故障	修復或更換
	軸承故障	更換軸承
	零件鬆脫	鎖緊所有螺絲

	葉片磨損	更換葉片
	堵轉	解除與馬達之聯結，或變更緩衝起動器之設定 檢查風道無阻塞，且風門開啓
噪音過大	基礎螺絲鬆脫	鎖緊螺絲
	單相運轉	電源查修
	轉子與定部接觸	檢查葉尖淨空
	堵轉	解除與馬達之聯結，或變更緩衝起動器之設定 檢查風道無阻塞，且風門開啓
葉片控制失效	致動器故障	檢查控制系統及致動器之功能
	無液壓	檢查液壓箱
	調節驅動機構故障	檢查調節臂及調節驅動機構
液壓及潤滑油箱		
低油壓及/或低流量	泵吸入側洩漏空氣	查修
	安全閥設定點太低	調整設定點
	油溫太高	降低油溫，清潔油冷卻器
	隔離閥部份開啓	檢查
	濾油元件淤積髒污	更換濾油元件
	吸入過濾器部分堵塞	查修
泵軸封漏油	回油孔阻塞	拆解泵並清潔
	吸入壓力太高	查修
	油封故障	更換油封
安全閥錯誤運轉	安全閥淤積髒污	拆解並清潔
	安全閥設定太高	調整設定
油泵運轉有雜音	聯軸器偏斜	查修
	空氣進入泵內	檢查可能的洩漏處並改善
	隔離閥部份關閉	將閥全開
油溫太高	泵壓力太高	拆解泵、檢查並修復
	安全閥設定太低，油滯留於泵內	調整
	油內污物且黏性低	清理油槽並換油

液壓及潤滑油箱運轉時應注意事項：

1. 最大運轉時油溫為攝氏 55 度，若溫度超過 55 度，則應查明原因。
2. 最大軸承運轉溫度為攝氏 85 度，若溫度超過 85 度，則應查明原因，若油流量在容許範圍內，則風機應停機以檢查軸承。

3. 若軸承溫度達到攝氏 100 度，風機應立即停機。

## 二、鍋爐及煙氣脫硝系統主要設備之供電系統

參考圖 3-13，供電設備（含 4.16KV 高壓開關箱、480V 馬達控制中心、變壓器、480V、220V 及 208/120V 分電盤等），供電系統說明如下(以興一機為例)：

(一) 4.16KV 電力系統：興一機既有 4.16KV 匯流排 1A1 供應 3 台粉煤機(#1-1、#1-3、#1-5)

及#1-1 一次風扇電源，並自 1A1 匯流排延伸 1A1-1 匯流排以供應#1-1 引風機電源；既有 4.16KV 匯流排 1A2 供應 3 台粉煤機(#1-2、#1-4、#1-6)及#1-2 一次風扇電源，並自 1A2 匯流排延伸 1A2-1 匯流排以供應#1-2 引風機電源。引風機採用具有起動、保護及控制功能的緩衝起動器來起動風機馬達。

(二) 4.80V 電力系統：TR-T1B1 變壓器將 4.16KV 降壓至 480V 以供應鍋爐 1B1A-1 馬達控

制中心；自 480V 匯流排 1B5 延伸的 1B5-1 匯流排則供應鍋爐馬達控制中心 1B2A-1 及 SCR 馬達控制中心 1B2A-2；另匯流排 1B3 供應 Essential 馬達控制中心 1B6A 及 1B6A-1。

(三) 1B1A-1(1B2A-1)馬達控制中心負載包含：引風機密封/冷卻風扇、粉煤機齒輪箱潤滑

油泵、480V 變頻器盤、粉煤機液壓單元、引風機潤滑油單元潤滑油泵、引風機潤滑油單元液壓泵、引風機潤滑油單元冷卻風扇、滑動閘門密封空氣扇、粉煤機齒輪箱潤滑油加熱器、GAH 循環泵、密封空氣扇加熱器、風門、MOV 電源分電盤、480V 吹灰器電源盤、吊車及 220V 電源盤等。

(四) 1B1A-2 或 1B2A-2 變頻器盤供應粉煤機之篩煤器馬達變頻器電源，以利控制篩煤器

轉子之轉速。

(五) SCR 馬達控制中心 1B2A-2 供應氨稀釋風扇、吊車、振動器 LCP、焊接插座箱、

SCR 照明分電盤及 480/240-120 變壓器 1BJC04。



1A1-1	1A1					1A4	1A2-1	1A2				
VCB	ACB	ACB	ACB	ACB	ACB	ACB	VCB	ACB	ACB	ACB	ACB	ACB
4500KW 引風機 #1-1	664KW 粉煤機 #1-1	664KW 粉煤機 #1-3	664KW 粉煤機 #1-5	1865KW 一次風 扇#1-1	TR-T1B1 4160/480 變壓器	TR-T1B5 4160/480 變壓器	4500KW 引風機 #1-2	664KW 粉煤機 #1-2	664KW 粉煤機 #1-4	664KW 粉煤機 #1-6	1865KW 一次風 扇#1-2	TR-T1B3 4160/480 變壓器

4.16V 匯流排

480 V 匯流排

興一機匯流排編號以 1 為首  
興二機匯流排編號以 2 為首

1B1		1B5		1B5-1			1B3	
ACB				ACB	ACB	ACB	ACB	
鍋爐 MCC 1B1A-1				SCR MCC 1B2A-2	鍋爐 MCC 1B2A-1	備用	緊急 MCC 1B6A-1	緊急 MCC 1B6A

1B1A-1 or 1B2A-1															
MCP	MCP	MCCB	MCCB	MCP	MCP	MCP	MCP	MCCB	MCP	MCCB	MC P	MCCB	MCCB	MCCB	MCCB
引風機 密封/ 冷卻風 扇	粉煤機 齒輪箱 潤滑油 泵	480V 變頻器 盤	粉煤機 液壓單 元	引風機 潤滑油 單元潤 滑油泵	引風機 潤滑油 單元液 壓泵	引風機 潤滑油 單元冷 卻風扇	滑動閘 門密封 空氣扇	粉煤機齒 輪箱潤滑 油加熱器	GAH 循環 泵	密封空 氣扇加 熱器	風 門	MOV 電源分 電盤	480V 吹 灰器電 源盤	吊車	220V 電源盤

變頻器盤 1B1A-2 or 1B2A-2		
MCCB	MCCB	MCCB
篩煤器馬達 變頻器-1	篩煤器馬達 變頻器-2	篩煤器馬達 變頻器-3

SCR MCC 1B2A-2					
MCP	MCP	MCCB	MCCB	MCCB	MCCB
氨稀釋 風扇	吊車	振動器 LCP	焊接 插座箱	SCR 照 明分電 盤	480/240-120 變壓器 1BJC04

圖 3-13 興一、二機鍋爐及煙氣脫硝系統主要設備之供電系統示意圖

### 三、緩衝起動器之設計原理探討

#### 一、簡介

緩衝起動器盤是一套以矽控整流器為基礎的 NEMA E2 等級馬達控制器，其設計係應用於交流中壓馬達之起動、保護及控制。主要由矽控整流器組、光纖連接元件及其他低壓控制電路介面組成。

#### 二、主要技術規格

負載種類	三相中壓非同步馬達、同步馬達
額定電壓	2300 、 3300 、 4160 、 6000/6900 、 10000/15000VAC+10%-15%
功率範圍	2300V：200HP-2500HP 3300V：200HP-3000HP 4160V：250HP-3000HP 6000/6900V：300HP-7500HP 10--15KV：800HP-15000HP
過載容量	125%滿載電流連續運轉 500%滿載電流運轉 60 秒，600%滿載電流運轉 30 秒 14 倍滿載電流 1 個周波（內部短路保護）
頻率	50Hz/60Hz±2Hz，硬體設定
功率回路組成	6 SCRs、12 SCRs、18 SCRs 或 36 SCRs
SCR 反向峰值電壓	6500V-39000V
相序	可在任何相序下工作
暫態過電壓保護	dv/dt 吸收電路、過電壓保護器
衝擊電壓	2300V-6900V 為 60KV
馬達保護功能	
二階段過載曲線	起動：可設定 Class 5 至 Class 30 運轉：當全速時，可設定 Class 5 至 Class 30
溫度記憶	馬達的過載熱容量保護，不論控制電源的狀態，設備即時自動調整
動態重定熱容量	在馬達沒有足夠的起動熱容量時，過載電路將不能復歸，緩衝起動器自動學習檢測並記錄先前成功起動的相關資訊
相電流不平衡保護	設定範圍：5-30%，任意兩相間 跳脫時間：1-20 秒
過電流保護	設定範圍：100-300%FLA；跳脫時間：1-20 秒
失載保護	跳脫設定值：10-90% FLA；跳脫時間：1-60 秒
滑行減速鎖定計時器	滑行減速時間：1-60 分鐘
每小時起動次數	範圍：每小時起動 1-6 次；起動間隔時間：1-60 分鐘
可程式化輸出功能	

類型/額定	C 型(SPDT)，額定 5 安培 240VAC，最大 1200VA
運轉指示	起動/停止、起動/軟停
全速運轉指示	全速/停止、全速/軟停
加速參數設定	可程式斜坡設定：電壓斜坡(VR) 或電流斜坡(CR) 起動轉矩：0-100%線電壓 (VR) 或 0-300%的馬達滿載電流 (CR) 斜坡時間：1 到 120 秒 電流限流：200-500% (VR 或 CR)
雙斜坡設定	設定範圍：VR1+VR2；VR1+CR2；CR1+VR2；CR1+CR2
減速參數設定	開始減速電壓：0-100%線電壓 停止電壓：0-(開始減速電壓-1%) 減速時間：1-60 秒
寸動設置	電壓寸動：5-75%
突跳起動	突跳電壓：10-100%；突跳時間：0.1-2 秒
故障顯示	SCR 短路、欠相、相間不平衡跳脫、過載、過溫、過電流、 短路、失載、低電壓或其他任何跳脫
鎖定顯示	滑行停機時間，每小時起動次數，起動間隔時間等
狀態記錄功能	
最近的 60 個記錄	包括事件的原因、時間、相關的資料、每一相的電壓、功因、 電流、接地故障發生時間等
電錶功能	
馬達負載	滿載電流百分比
電流資料	三相電流、平均電流、零序電流
溫度資料	溫度記憶暫存器、馬達起動熱容量
起動數據	平均起動時間、平均起動電流、測量的起動容量、離上次起 動的時間
RTD 資料	可從高達 12 組 RTD 讀取溫度 (6 個定子 RTD)
電錶	KW、KVAR、PF、KWH
通訊功能	
通訊協定	Modbus RTU
通訊介面	RS-485，RS-422 或 RS-232
功能	經由通訊介面可以觀察運轉狀態及設定參數

### 三、特點

緩衝起動器盤具備下列特點：

- (一) 矽控整流器電力模組：功率回路各相使用匹配的反向並聯 SCR，提供三相電路的全波控制。每一相由成對的矽控整流器組反向並聯組成，以達到足夠的額定峰值反向電壓。

(二) RC 吸收電路：提供每一相矽控整流器電力模組之暫態電壓保護、以避免  $dv/dt$  導致矽控整流器模組損壞。

(三) 觸發電路：矽控整流器使用持續的脈衝觸發電路控制矽控整流器之導通，此電路藉由光纖和脈衝變壓器作隔離和放大。

#### 四、工作原理

緩衝起動器之核心在於中央處理單元，即一組以微處理器為基礎的馬達及起動器之保護/控制系統，微處理器藉由控制矽控整流器之觸發角，即可控制外加在馬達上電壓的大小。啓動時，降低加在馬達上的電壓，且藉由電壓或電流的控制以緩慢地增加轉矩，直到馬達轉速增加至全速。此種起動方式可降低馬達起動電流及對電力系統與馬達本身之衝擊，此外亦可降低尖峰起動轉矩對馬達及負載端機械裝置之應力，以增加馬達之使用壽命及減少故障停機檢修時間。緩衝起動器之起動模式分述如下：

加速模式：緩衝起動器內建數種加速模式，可自行規劃以符合多種工業上的應用。原廠預設使用具有限流功能的電壓斜坡緩衝起動模式，因該模式被認為在大部分應用場合中是最可靠的起動方式。使用此種起動方式，初始轉矩之設定將外加足夠電壓至馬達，使得轉軸開始旋轉，並在限定的斜坡時間和馬達起動電流範圍內，使其平滑加速直到全速運轉。外加電壓隨時間遞增(依據斜坡時間設定值)，直到下列任一種條件成立：馬達加速至額定速度、斜坡時間超過或達到電流限制值，三種起動狀態分析如下：

(一) 若馬達在斜坡時間超過前即已加速至全速，自動防止震盪功能將全壓加到馬達，以支配後續的緩衝起動程序，使斜坡時間不再作用，避免馬達轉矩有任何的振動及突波，可防止馬達在低電壓和低轉矩情況下負載的突然變化。

(二) 若馬達在預設的斜坡時間終止前尚未達到全速運轉，電流限制設定將依比例控制最大輸出轉矩，由感應器回授的信號提供堵轉、過載及過加速時間之保護。

(三) 電流限制功能適用於電力供應有限的場合(例如容量有限的發電機或市電)，即轉距增加直到馬達電流達到預設的電流限制點且保持在該準位，電流限制支配緩衝時間設定，因此在電流限制設定條件下，若馬達尚未加速到全速，仍然會繼續限制電流使馬達能加速到全速運轉。

當馬達達到全速運轉且電流下降到運轉準位時，緩衝起動器偵測到全速運轉條件而將旁路接觸器閉合，使馬達電流流經旁路接觸器，藉由分流以防止 SCR 導通所產生的輕微壓降引起的熱損耗，造成緩衝起動器內部發熱，提高了工作效率及可靠性。因緩衝起動器是工作在全壓狀態下，當馬達緩起動完成後，馬達則在全壓下運轉。

其他起動模式包含：

- (一) 電流斜坡：採用電流回授閉迴路 PID 控制，轉矩線性增加直到達到最大電壓準位。
- (二) 定電流：電流瞬時增加到電流限制值並維持該電流值，直到馬達全速運轉。
- (三) 自訂曲線：使用者可自訂轉矩與時間關係的起動曲線，當馬達起動時可以完全按照自訂的曲線加速。
- (四) 轉速回授斜坡：採用閉迴路速度追蹤，監測馬達或負載轉軸之轉速作緩起動信號輸入。
- (五) 減速：在下達停止命令後，緩衝起動器提供負載滑行至停止或緩慢地降壓作減速之控制，不同於電力剎車，減速功能實際上將比滑行停止方式花費較久時間才達到全停，減速功能最常用於泵浦控制，受控制的停機過程可避免水槌及機械衝擊。

## 五、一般保護功能

緩衝起動器內建馬達保護電驛，可自行規劃馬達/負載系統的初級保護，緩衝起動器具備四種運轉模式：備妥(Ready)、起動(Start)、運轉(Run)及停止(Stop)

- (一) 備妥模式：此模式下，控制電壓及電源電壓已備妥，緩衝起動器準備接收起動命令，



此時保護功能包含監視旁路接觸器接點或多只短路的 SCR 洩漏電流，其他保護功能包含：

1. 緩衝起動器溫度
2. SCR 短路
3. 保險絲指示是否正常
4. 相序是否正確
5. 電源輸入頻率跳脫範圍
6. 外部輸入故障
7. 相序保護

註：“規劃”模式僅能於備妥模式下作輸入，當馬達起動或運轉時，無法輸入資料，在規劃模式下，所有保護功能及起動命令將無效。

(二) 起動模式：當緩衝起動器接收到有效的起動命令時，將啓用下列額外的保護功能。

1. 起動過載曲線
2. 加速時間
3. 相電流不平衡
4. 短路/加載前預先檢查
5. 接地故障
6. 外部輸入故障
7.  $I^2t$  保護
8. 過載保護
9. 熱容量保護

註：當緩衝起動器進入起動模式，則 SCR 短路保護即無作用。

(三) 運轉模式：當緩衝起動器輸出電壓達到額定且電流在預設時間內下降到滿載設定值

(銘牌上之滿載電流值加服務因數)，則會進入運轉模式，並啓用以下保護功能：

1. 運轉過載曲線
2. 欠相
3. 低電流/負載消失
4. 過電流/堵住保護
5. 外部輸入故障

(四) 停止模式：當接收到停止命令後，保護功能依據所選擇的停止模式而決定：

■ 減速模式：保留所有運轉模式之保護功能，減速終止後，馬達停止且進入下列的保護狀態。

■ 滑行停止模式：電力瞬時自馬達移除，且緩衝起動器回到備妥模式，下列的保護功能將生效。

1. 滑行減速/旋轉減速計數
2. 每小時起動次數
3. 起動時間間隔
4. 外部輸入故障

## 六、積熱過載保護

緩衝起動器在馬達保護中扮演重要角色，由於起動、運轉，甚至環境所產生的過熱狀況，均可藉由緩衝起動器監視之，緩衝起動器中央處理機中具有動態熱量暫存器，中央處理機提供馬達熱狀態的數學表示法，熱狀態資訊會存在記憶體中，並持續監視熱值或變化率是否過高，其輸入是來自於電流不平衡及 RTD 量測值，使其隨著馬達運轉過程中動態變化。在起動及運轉模式時，緩衝起動器分別監視這些狀況以持續提供適當的積熱過載保護。

起動模式過載保護可自下列三種中擇一：

- (一) 基本保護： $I^2t$  資料累積並以預選的過載曲線為基礎繪圖，即依據 NEMA Class 5-30 標準曲線及馬達堵轉電流設定。
- (二) 量測的起動容量：從成功起動下所量測的熱容量，使用者輸入該量測值當作熱暫存器之設定點，供起動器遵循。
- (三) 學習曲線保護：使用者設定緩衝起動器在“學習”模式並在正常起動條件下起動馬達，中央處理機取樣並記錄起動曲線中的 100 組資料點，分析並在記憶體中建立圖型化表示法，緩衝起動器切換到曲線依循保護模式，並依據此曲線間是馬達之性能。此功能可記錄基準性能樣本，故在初次試運轉時特別有用。

運轉中的過載保護：當緩衝起動器確定馬達在全速運轉時，則啓動運轉模式過載保護，當馬達電流有效值高於“檢出點”(即馬達滿載電流及服務因數之乘積)，過載保護立即動作。運轉模式過載保護是藉由微處理機持續監視動態熱暫存器，且該暫存器之資料是取決於  $I^2t$  積熱計算值及冷卻率，當暫存器達到選擇的過載設定值時(NEMA 標準 Class 5-30 曲線)或額定的堵轉電流時即跳脫，動態熱暫存器依據下列條件改變：

- (一) 電流不平衡：如果電流不平衡，熱容量變化將加大。
- (二) 一般冷卻：當馬達電流低於維持其運轉之電流或切斷電源時，由於斷電後冷卻風扇即停止，冷卻速度將減慢。
- (三) RTD 輸入：將因馬達、軸承及周溫狀況之即時溫度輸入值而改變暫存器。
- (四) 動態復歸：此特點增加緩衝起動器的可靠度及合理性，當馬達過載狀況發生且緩衝起動器跳脫，在沒有充分的冷卻前不允許緩衝起動器復歸。冷卻時間由馬達跳脫時的熱狀態、馬達冷卻情況及 RTD 量測值而決定。
- (五) 記憶體保存：電源消失後，會記憶相關之控制參數，提供連續的過載保護及即時復

歸，電源復原後緩衝起動器將讀入即時時間並存回熱暫存器。

- (六) 自我學習的復歸容量：針對前三次成功起動的熱容量值取樣，作為啓動熱容量標準值，起動器在足夠的熱容量恢復前不允許復歸。避免誤跳脫及確保成功的起動。

## 七、觸發電路

矽控整流器觸發電路為緩衝起動器性能及可靠性之關鍵。觸發電路具備以下獨特功能以強化其耐用性、雜訊抵抗能力及應用彈性，在多數應用場合，可不須增設電抗器或現場元件即可達到以上之性能：

- (一) 閘計時脈衝的自動同步匹配每相相對的觸發角，緩衝起動器主動追蹤電源頻率的小變化，防止意外的跳脫事故，對於使用攜帶式或後備發電機等不穩定的供電系統而言特別有用。
- (二) 持續的脈衝觸發維持觸發信號在  $270^\circ$  電角度均內有作用，即使電源雜訊存在，仍確保直流閘型脈衝可觸發矽控整流器，使緩衝起動器具備優越的雜訊抵抗能力，此外亦可避免誤觸發以確保其可靠性。
- (三) 閉迴路觸發控制為一種平衡矽控整流器觸發模式之方式，中央處理單元使用來自於輸出電流及電壓之回授信號以提供平順的輸出並避免在緩衝過程中的不平衡現象(即防止馬達不必要的溫昇)。
- (四) 觸發信號使用變壓器隔離以避免來自於電源的雜訊及可能存在的電磁干擾/射頻干擾信號，特殊設計的 120V 三相隔離變壓器提供電壓量測、觸發電路板電源及 SCR 電源系統，高隔離環型變壓器用於降低電壓至 28VAC，以持續供給脈衝觸發電路之電源，並提供矽控整流器更多的電氣隔離，中壓及低壓系統間所有信號介面均提供光纖隔離，甚至來自於 CT 的電流信號亦轉換成光纖信號，以達到隔離及安全之目的。

## 八、電子系統

緩衝起動器電子系統可分為兩大類，低壓和中壓。

低壓電子設備包括鍵盤操作介面、CPU 微處理機板和主電源電路板，裝置於獨立的低壓室。

- (一) 鍵盤操作介面：具有背光照明的 2 行×20 字符液晶顯示幕，可以顯示多個數據點，還包括 12 個 LED 指示燈，包括電源、運轉、警報、跳脫和 8 個輔助電驛狀態指示。
- (二) CPU 微處理機板：包含微處理器和通訊協同處理器，藉由串列連接與與鍵盤操作介面通訊，CPU 板決定操作功能、儲存用戶設定，並根據回授信號執行故障、計量及歷史數據的處理。
- (三) 主電源電路板：亦稱為觸發電路板，包含數位輸入/輸出電驛和連接到終端/控制電路板(TCB)之介面。可控制進線接觸器、旁路接觸器的動作順序和 SCR 的觸發。產生觸發信號並接收來自光纖隔離的回授信號，將類比信號轉換為數位信號，觸發脈衝亦利用光纖與中壓隔離。

緩衝起動器控制電路位於中壓部分，包括終端/控制電路板(TCB)、觸發驅動電路板(Gate Drive)及溫度/CT 電路板。

- (一) 終端/控制電路板：為使用者連接介面板，它位於中壓部分，為符合 UL 要求，實際上不直接連接到中壓元件，而是與接觸器控制線圈連接。此板包含使用者接線端子台、輸出電驛、輸入和控制電源之連接點。亦包含其他計時電驛與功率因數校正接觸器之連接介面和其他外部設備。
- (二) 觸發驅動電路板：位於 SCR 模組上，使用光纖和主電源板作通訊，通過脈衝變壓器將觸發脈衝信號進行放大來觸發 SCR，在 SCR 模組中每一對 SCR 使用一塊觸發驅動電路板。



(三) 溫度/CT 電路板：溫度控制和電流傳送器是裝在 SCR 模組觸發驅動電路板上，藉由光纖把散熱器溫度和電流信號送到主電源板。

(四) MOV 電路板：位於觸發驅動電路板下方，用於防止 SCR 的閘極/陰極被高電壓損壞。

(五) DV/DT 電路板：暫態電壓吸收電路，避免電壓脈衝損壞 SCR。

## 九、緩衝起動器的設定

緩衝起動器有 13 個設定頁面，可設定馬達基本資料、起動方式及斜坡曲線、馬達保護、電驛設定、I/O 設定、自定加速曲線、過載曲線、RTD 設定、密碼及通訊介面等，緩衝起動器處於 READY 狀態下時，才可改變設定值。在設定狀態下，緩衝起動器將無法進行馬達起動。因設定參數繁多，試運轉前務須參照手冊說明逐一設定。

## 十、馬達的起動試運轉

起動試運轉應在額定負載下進行。初始電壓、斜坡類型、斜坡時間等可先使用出廠設定值，再根據起動狀況進行下列參數的校正。

(一) 加速調整：出廠設定值適合多數的應用場合，當馬達準備起動時，可先試用出廠設定。若馬達無法達到全速，可增加限流值；若馬達不能起動，可增加初始電壓。

(二) 起動電壓：出廠設定為 20%線電壓，設定範圍為 0-100%線電壓，起動電壓設定必須合理，馬達才能產生足夠大的起動轉矩，且馬達不受起動轉矩衝擊，避免機械元件損傷。

(三) 斜坡時間：出廠設定為 10 秒，設定範圍為 0-120 秒，調整斜坡時間可改變達到限流值的時間；或當電流未達到限流值時，藉由設定斜坡時間可改變達到額定電壓的時間。

(四) 電流限流：出廠設定為 350%額定電流，設定範圍為 200%-500%額定電流，限流

的主要作用是抑制峰值電流，若有需要，可延長斜坡時間。電壓斜坡和電流斜坡之間的相互作用將使馬達加速，達到最大電流並使電流保持在限流值。限流值須大到足以成功起動馬達，出廠設定 **350%** 額定電流是典型的起動值。對於負載變化劇烈的情況，勿將電流限流值設定太低，否則將造成馬達堵轉或超載保護跳脫。

#### 十一、 維護及故障排除

緩衝起動器為免維護產品，但仍應定期檢查是否有灰塵污染、受潮以及環境造成的污染。污染物會引起高壓放電以及影響 **SCR** 的散熱器散熱效果。每年要檢查螺栓是否有鬆動，並使用合適的扭力扳手鎖緊螺絲。亦須依據廠家技術手冊檢查真空接觸器之氣隙間隔是否符合要求。

#### 十二、 故障分析

當故障發生時，螢幕將顯示故障代碼，對應的 **LED** 和輔助電驛亦會亮燈，務必查閱操作手冊逐步排除故障後，才可再重新起動馬達。

## 肆、參訪韓國斗山(Doosan )重工及 Samcheonpo 燃煤電廠

### 一、斗山重工公司及其工廠參訪

斗山重工總公司位於昌原海港邊，佔地約 60 公頃，包含有十數間重件製造廠房如鍋爐、核反應爐、船舶引擎及重型起重機等之鑄造、冶金、熱處理至最後之切削、車床之精密加工程序。其重型產製品可以就近從專用碼頭直接船運輸出，參訪的過程中，看到國際大廠如 MHI、GE 的汽機 TURBINE 軸的訂單，表示斗山重工之產製能力已具國際水準。



圖 4-1 斗山重工總公司佈置模型

斗山重工公司所產製的設備非常廣泛，透過技術合作及合併國際大廠取得關鍵技術，涉及發電廠、風力發電、海水淡化廠的相關領域，近年來不斷參與全球各地工程，去年得到阿拉伯核能電廠的興建案，展現晉級國際大廠的企圖心。

## 二、參訪 Samcheonpo 燃煤電廠

Samcheonpo 電廠位於韓國南方，原隸屬韓國電力公司（Korea Electric Power Corporation），因電業自由化，於 2001 年改屬韓國西南電力公司（Korea South-East Power Corporation），該廠擁有 6 部燃煤機組，均是由 DOOSAN 重工建造，總發電量 3240MW，為韓國最大之燃煤電廠。其中 5、6 號機完成於 1998 年，鍋爐規格為單通超臨界、1720 噸/小時、蒸氣壓力 255Kg/cm<sup>2</sup>，發電機規格為定子水冷、轉子氫冷、發電能力 500MW、3600RPM、22KV，由 DOOSAN 重工、GE 製造。



圖 4-2 Samcheonpo 電廠第 5、6 號機組



圖 4-3 Samcheonpo 電廠行政大樓

參觀過程中與運轉人員討論，該廠的環保策略是採用低含硫量的瀝青煤（bituminous coal）來降低空氣污染，所以即使並未設置 FGD 環保設備，仍低於韓國空氣污染物排放標準。目前採用的煤為印尼瀝青煤，含硫量 0.16~0.18%wt，熱值 4800~4900kcal/kg。

因電廠規定廠區內部不能拍照，無法顯示相關設備。



## 伍、心得與建議

一、 Samcheonpo 電廠除了燃煤機組外，尚有太陽能發電系統與潮汐發電系統等再生能源。

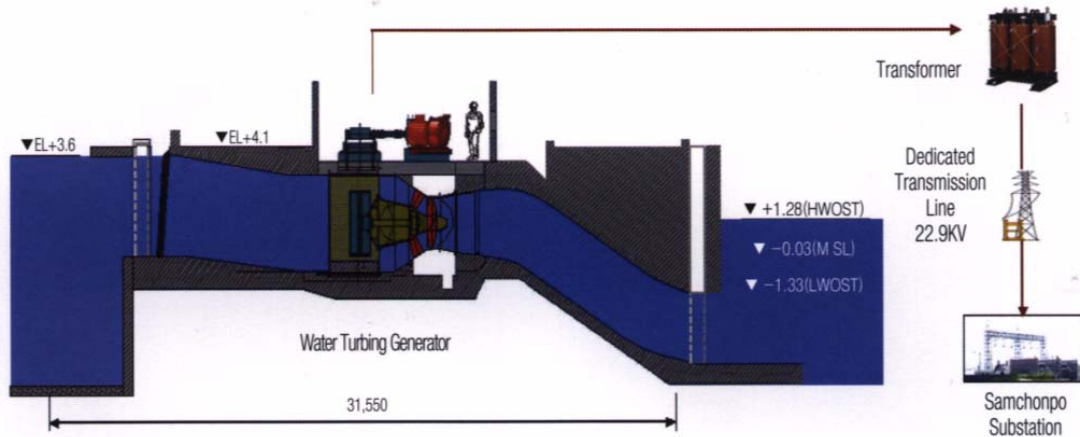


圖 5-1 Samcheonpo 電廠潮汐發電系統示意圖



圖 5-2 Samcheonpo 電廠潮汐發電設施

該廠之潮汐發電系統是利用該廠旁的海灣地形進行潮汐發電，其 6 部水力機組設計在平均海平面可生產 2965KW，最大潮差則不小於 5000KW 的電力，潮汐發電期間為每天 12 小時。自 2006 年商轉以來，每年約發 22.765MWH 的電量。公司近年來致力於節能減碳相關議題，該廠成功案例可供依循參考。

二、 Samcheonpo 電廠之環境美化，除外觀環境綠化、廠房繪製圖騰外，廠房內部如配電盤、POWER CENTER 等盤體亦藝術彩繪。除了讓工作環境活潑，降低員工作業疲勞，減少公安事故發生。

三、 因本計畫之設備繁多，系統整合複雜，相對所須更新、修改或增設之系統設備，在設計

及施工上亦須做嚴謹之考量，為熟悉系統之設計、安裝、操作、維護及最新技術之技能知識，建議公司未來類似的工程可多增加人員赴相關廠家或裝設現場實習之機會，以求能增進新知，並瞭解各公司因應各種法規標準之策略及方針，以謀求本公司最大之利益。

四、本次實習適逢韓國辦理 G20 會議期間，全國實施戒嚴，電廠屬於國防事業，DOOSAN 公司幾次幫我們安排電廠參觀見習均遭拒絕，所幸 DOOSAN 公司金小姐多方的協調，使我們順利參訪電廠，了解 DOOSAN 公司的實績，再次感謝他們。